

структурой, полученной методом кручения под квазигидростатическим давлением. Амплитуда ультразвука в эксперименте составляла 15, 30, 45, 60 и 90 МПа. Микроструктура исходных и подвергнутых УЗО образцов исследовалась методами просвечивающей электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа и дифракции обратно рассеянных электронов (EBSD). В результате полученных данных были построены зависимости средней плотности дислокаций, величины внутренних напряжений и микротвердости от амплитуды ультразвука. В работе обсуждаются возможные механизмы воздействия ультразвуковых колебаний с различными амплитудами на дефектную структуру УМЗ никеля.

Список публикаций:

- [1] Nazarov A.A., Mulyukov R.R.. In: *Handbook of Nanoscience, Engineering, and Technology*, Ed. W. Goddard, D. Brenner, S. Lyshevski, G. Iafrate, CRC Press. 2003, p. 22-1.
- [2] Valiev R.Z., Zhilyaev A.P., Langdon T.G.. – Hoboken, Wiley. (2013) 440 p.
- [3] Tyapunina N.A., Blagoveschenskiy V.V., Zinenkova G.M., Ivashkin Yu.A. // *Inzestiya Vuzov. Fizika* 6, 118 (1982) (in Russian).
- [4] Dmitriev S.V., Pshenichnyuk A.I., Iskandarov A.M., Nazarova A.A. // *Modelling Simul. Mater. Sci. Eng.* 18, 025012 (2010).
- [5] Bachurin D.V., Murzaev R.T., Baimova Yu.A., Samigullina A.A. Krylova., K.A. // *Letters on Materials* 6, 183 (2016) (in Russian).
- [6] Nazarov A.A., Khannanov Sh.Kh.. // *Fizika i khimiya obrabotki materialov* 4, 109 (1986) (in Russian).
- [7] Nazarova A.A., Mulyukov R.R., Rubanik V.V. et al. // *Phys. Metals Metallogr.* 110 (6), 574 (2010).
- [8] Samigullina A.A., Tsarenko Yu.V., Rubanik V.V., et al. // *Letters on Materials* 2, 214 (2012).
- [9] Samigullina A.A., Nazarov A.A., Mulyukov R.R. et al. // *Rev. Adv. Mater. Sci.* 39, 48 (2014).

Исследование оптических свойств керамики на основе ZrO_2 полученной методом электроимпульсного плазменного спекания

Пайгин Владимир Денисович

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Двилис Эдгар Сергеевич

vpaygin@mail.ru

В настоящее время большой интерес в мире вызывает наноструктурированная оптически прозрачная керамика, имеющая большое количество разнообразных практических применений и обладающая уникальным сочетанием других полезных свойств, таких как высокий коэффициент преломления, высокая твердость, ударная вязкость и термостойкость. Данный комплекс характеристик весьма востребован в аэрокосмической технике, в оборонной промышленности, а так же в высокотехнологичных областях оптоэлектроники, квантовой оптики (лазерная техника, передача тепловой энергии излучением) [1-3].

С точки зрения оптимального сочетания прочностных свойств одним из наиболее перспективных керамических материалов является поликристаллический диоксид циркония, стабилизированный в высокотемпературной модификации оксидом иттрия (YSZ). Актуальность разработки прозрачной керамики из этого материала объясняется его высокой твердостью, трещиностойкостью, высоким коэффициентом преломления среди материалов подобного класса и низким коэффициентом теплопроводности [4].

Сохранение исходного фазового состава, структуры и чистоты материала в процессе изготовления не может быть достигнуто в полной мере традиционными методами компактирования нанопорошка. Перспективными для получения прозрачной керамики представляются методы, позволяющие без внесения пластификаторов получить керамику с равномерной плотностью и минимальной остаточной пористостью. Одним из таких методов является электроимпульсное плазменное спекание (SPS). В ряде работ продемонстрирована возможность получения высокоплотной оптически прозрачной керамики на основе диоксида циркония данным методом [1].

В данной работе исследовано влияние параметров электроимпульсного плазменного спекания, таких как скорость нагрева и температура спекания на оптические свойства YSZ-керамики.

В качестве исходного материала был использован коммерческий нанопорошок ZrO_2 стабилизированный 10 мол.% Y_2O_3 (TZ-10YS, Tosoh, Japan). Чистота исходного порошка 99,9%, средний размер частиц – 90 нм, площадь удельной поверхности - 6 ± 2 м²/г, по данным производителя.

Спекание проводилось при температурах 1300-1400 °С в вакууме при давлении прессования 72 МПа. Скорость нагрева варьировалась от 10 до 200 °С/мин. Время выдержки при максимальной температуре – 10 минут. Внутренний диаметр пресс-формы – 20 мм. Консолидация порошков проводилась на установке электроимпульсного плазменного спекания SPS-515S (Syntex Inc., США).

Для измерения оптических свойств был использован спектрофотометр UV-1800 (Shimadzu, Япония).

Светопропускание полученной прозрачной керамики в видимом диапазоне длин волн незначительно, однако в середине коротковолновой области инфракрасного диапазона, светопропускание образцов полученных при температуре спекания 1300 °С около 50%.

Представленные спектры светопропускания (рис.1) позволяют сказать, что светопропускание прозрачной керамики на основе диоксида циркония значительно зависит от температуры спекания, что согласуется с результатами, полученными японской научной группой [2,5]. Коэффициент светопропускания образца полученного при температуре 1300 °С на 27,5% больше чем у образца, полученного при температуре 1400 °С. Такое значительное различие коэффициента светопропускания можно объяснить тем, что превышение температуры спекания 1300 °С ведет к увеличению размера зерна без дальнейшего уплотнения спекаемого материала.

Анализируя представленные зависимости (рис.2,3), можно заметить, что повышение скорости нагрева с 10 °С/мин до 93 °С/мин приводит к увеличению светопропускания на 12% и понижению оптической плотности на 0,6 мм⁻¹. Однако при дальнейшем увеличении скорости нагрева с 93 °С/мин до 200 °С/мин происходит понижение светопропускания на 9% и повышение оптической плотности на 0,5 мм⁻¹.

В результате работы получены образцы прозрачной YSZ-керамики, проведен анализ режимов электроимпульсного плазменного спекания прозрачной YSZ керамики. Установлено, что оптические свойства в большей степени зависят от температуры спекания, чем от скорости нагрева.

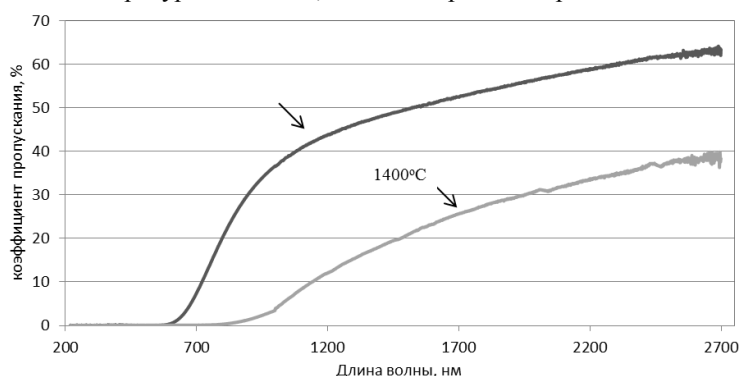


рис.1. Спектр светопропускания образцов керамики, полученных при температурах 1300 оС и 1400 оС и скорости нагрева 93°С/мин

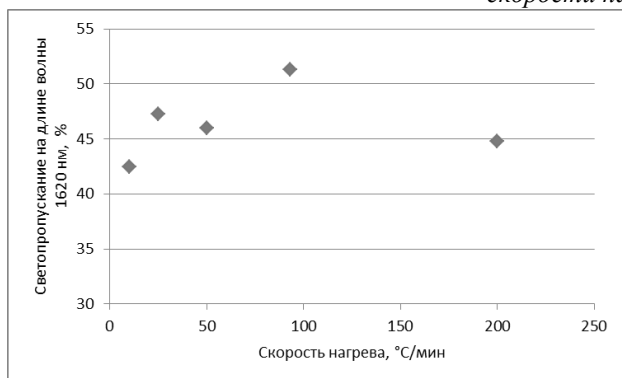


рис.2. Зависимость светопропускания от скорости нагрева

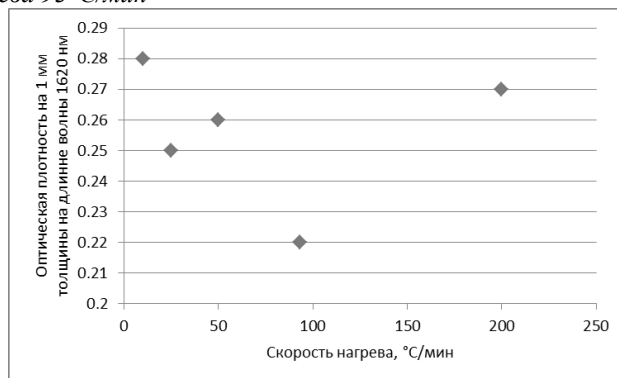


рис. 3. Зависимость оптической плотности от скорости нагрева

Работа выполнена на базе оборудования Нано-центра Томского политехнического университета.

Список публикаций:

- [1] Wang S. F., Zhang J., Luo D. W., Gu F., Tang D. Y., Dong Z. L., Tan G. E. B., Que W. X., Zhang T. S., Li S., Kong L. B. *Progress in Solid State Chemistry*, 2013. T. 41. C.20-54.
- [2] Zhang H. B., Kim B. N., Morita K., Hiraga H. Y., Sakka Y. *Science and Technology of Advanced Materials*, 2011. T. 12. C.1–6.
- [3] Качаев А.А., Гращенков Д.В., Лебедева Ю.Е., Солнцев С.См., Хасанов О.Л. *Стекло и Керамика*, 2016. № 4. C.1–10.
- [4] Somiya S., Adlinger F. Claussen N., Spriggs R.M., Uchino K., Koumoto K., Kaneno M. *Handbook of advanced ceramics*, 2003. T.2. C.1-495.
- [5] Zhang H.B, Kim B.-N., Morita K., Yoshida H., Lim J.-H., Hiraga K. *Journal of Alloys and Compounds*, 2010. T.508. C.196-199.